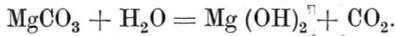


Das Magnesiumkarbonat kann dabei weitere Veränderungen im Kessel erleiden, wobei schließlich unter dem Einflusse des Wassers Magnesiumhydroxyd entstehen kann.



Sowohl die beiden sekundären Karbonate wie auch der größte Teil des Magnesiumhydroxydes fallen als lockere, mit dem Wasser einen Schlamm bildende Masse aus, die daher verhältnismäßig leicht beseitigt werden kann. Im Wasser gelöster Gips hingegen scheidet sich allmählich unter Bildung von Kristallen aus, die das Kesselblech überziehen und so den eigentlichen Kesselstein bilden, der dann auch die sonst locker abgesonderten Verbindungen einschließt. Es sind demnach Wässer, die größere Mengen Gips enthalten, ohne vorhergehende Reinigung als Kesselspeisewässer besonders schlecht geeignet.

Neben den Karbonaten und Sulfaten des Calciums und Magnesiums können mitunter auch andere im Wasser vorhandene Stoffe, wie Kieselsäure, Aluminium- und Eisenverbindungen an der Kesselsteinbildung teilnehmen, ebenso wie schließlich alle im Wasser gelösten Salze, selbst wenn sie leicht löslich sind, bei ununterbrochener Nachspeisung neuen Wassers schließlich ausfallen müssen. Da schon höhere Konzentration solcher Salze schädlich sein kann, ist durch öfteres Abblasen der Salzgehalt des Wassers innerhalb gewisser Grenzen zu halten.

Die schädliche Wirkung des Kesselsteins kommt vorwiegend dadurch zustande, daß lokale Überhitzung des Bleches durch Wärmerstauung eintritt; besonders gefährlich in dieser Hinsicht sind, wie erwähnt, die ölhaltigen Kesselsteine.

In nachstehender Tabelle findet sich die Zusammensetzung einiger Kesselsteine (nach F. Fischer):

Bestandteile	Probe Nr.			
	I	II	III	IV
	Druck im Kessel in Atmosphären			
	6	10	6	10
CaSO ₄	15,59%	41,75%	55,37%	80,13%
CaCO ₃	43,93%	2,80%	31,20%	—
MgCO ₃	—	2,77%	—	—
Mg(OH) ₂	33,06%	38,57%	4,5%	6,06%
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	1,43%	4,02%	3,12%	5,83%
SiO ₂	4,58%	5,67%	4,20%	1,08%
H ₂ O + organische Stoffe	1,26%	4,19%	1,51%	6,72%

4. Reinigung des Kesselspeisewassers.

Bei der Auswahl der Methoden zur Reinigung eines natürlichen Wassers zum Zwecke der Brauchbarmachung für Dampfkesselspeisung

muß auf die Art der vorhandenen Verunreinigungen Rücksicht genommen werden.

Um das Wasser von Gasen, vor allem von Sauerstoff und Kohlendioxyd zu befreien, wird am besten die Vakuumrieselung benützt, bei der das Wasser durch eigene Entgasungsanlagen in feiner Verteilung bei vermindertem Luftdrucke hindurchgeführt wird. Auch Erwärmung des Wassers in Vorwärmern auf etwa 80° oder Hochspeisung der Kessel führt, wenn auch weniger vollständig zum Ziele.

Ungelöste Schwebeteilchen werden aus dem Wasser durch Filtration entfernt, Säuren durch Neutralisation mit den berechneten Mengen von Soda oder Kalk unschädlich gemacht.

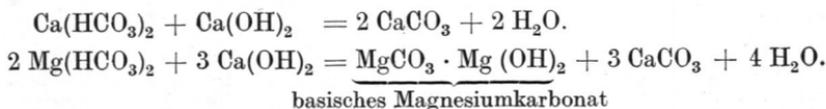
Um ölfreie Kondenswässer zu erhalten, wird entweder Filtration durch Badeschwämme angewendet oder man leitet den Abdampf durch eigene Abdampftöler, in denen Schmieröl wiedergewonnen werden kann, was besonders für die wertvollen Zylinderöle von Bedeutung ist.

Um Kesselsteinbildung zu verhüten, müssen die im Wasser gelösten Karbonate und Sulfate des Calciums und Magnesiums ausgeschieden werden, bevor das Wasser in den Kessel kommt. Die Reinigung im Dampfkessel selbst hat sich nicht bewährt und wird deshalb nicht mehr durchgeführt.

Wo die Härte des Wassers vorwiegend auf Karbonate zurückzuführen ist, kann durch einen Vorwärmer, der bei Benützung von Abdampf als Heizquelle schon aus Gründen der Wärmeökonomie zweckmäßig ist, eine Ausscheidung des größten Teiles der Kesselsteinbildner herbeigeführt werden.

Gipshältiges Wasser kann auf diesem Wege nicht vollkommen gereinigt werden, es erfordert unbedingt die Anwendung von chemischen Mitteln. Die am häufigsten zur Kesselspeisewasserreinigung verwendeten Chemikalien sind Ätzkalk $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, Soda (Na_2CO_3) und Ätznatron (NaOH) .

Kalk wirkt auf die Karbonate nach folgenden Gleichungen ein:

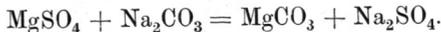


An Stelle dieses können aus primärem Magnesiumkarbonat auch andere basische Magnesiumkarbonate entstehen; auf jeden Fall ist die Fällung des Magnesiums meist weniger vollständig als die des Calciums.

Sulfate können durch Kalk nicht beseitigt werden. Auf Gips kann von vorneherein keine Einwirkung stattfinden und die Fällung des

Magnesiums wäre mit Bildung von Gips verbunden, was geradezu eine Verschlechterung des Wassers bedeuten würde.

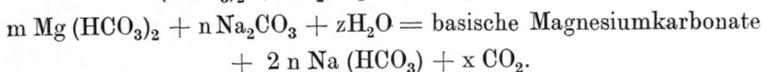
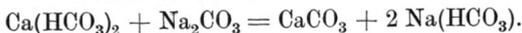
Soda ist besonders zur Ausscheidung der Sulfate geeignet.



Die Fällung des Magnesiums ist aber nur bei höherer Temperatur halbwegs vollständig, da die Umsetzung nicht genau im Sinne obiger Gleichung, sondern wieder unter Bildung verschiedener basischer Carbonate erfolgt, z. B.



Natriumkarbonat wirkt auch auf die primären Carbonate des Calciums und Magnesiums fallend, erfordert aber besonders bei Magnesium höhere Temperatur.



Meist wird die Verwendung von Kalk und Soda kombiniert und daher von einem Kalk-Soda-Verfahren gesprochen.

Für die praktische Durchführung sind eine große Zahl von Apparaten erdnen worden, die im Prinzip ziemlich gleich gebaut sind und aus folgenden Teilen bestehen:

- a) Dem Kalksättiger, in dem gesättigtes Kalkwasser erzeugt wird.
- b) Dem Gefäß mit der Sodalösung, die stets konzentriert gehalten wird.
- c) Dem Mischraum, in dem das Wasser mit den Chemikalien in Berührung gebracht wird.
- d) Einem Filter.

Meist durchfließt das Wasser, bevor es in den Mischraum eintritt, einen Vorwärmer, da bei höherer Temperatur die Fällungen vollkommener vor sich gehen, abgesehen davon, daß auch der Gasgehalt des Wassers verringert wird.

Ein sehr wirksamer Apparat dieser Art ist der der Halvor Breda A.G., der den Namen Breda II führt (Fig. 38).

Das in das Gefäß a fließende Wasser wird in 2 Teile geteilt, von denen der eine zum Kalksättiger s, in den zweimal täglich frischer Kalk gefüllt wird, der andere zum Vorwärmer c geht, wo er durch einströmenden Dampf erwärmt wird. Das Verhältnis der beiden Wassermengen ist durch eine eigene Reguliervorrichtung so bemessen, daß genau so

viel Kalkwasser aus dem Kalksättiger abfließt, als zur Reinigung der zufließenden Rohwassermenge nötig ist. Bevor das Wasser aber in den

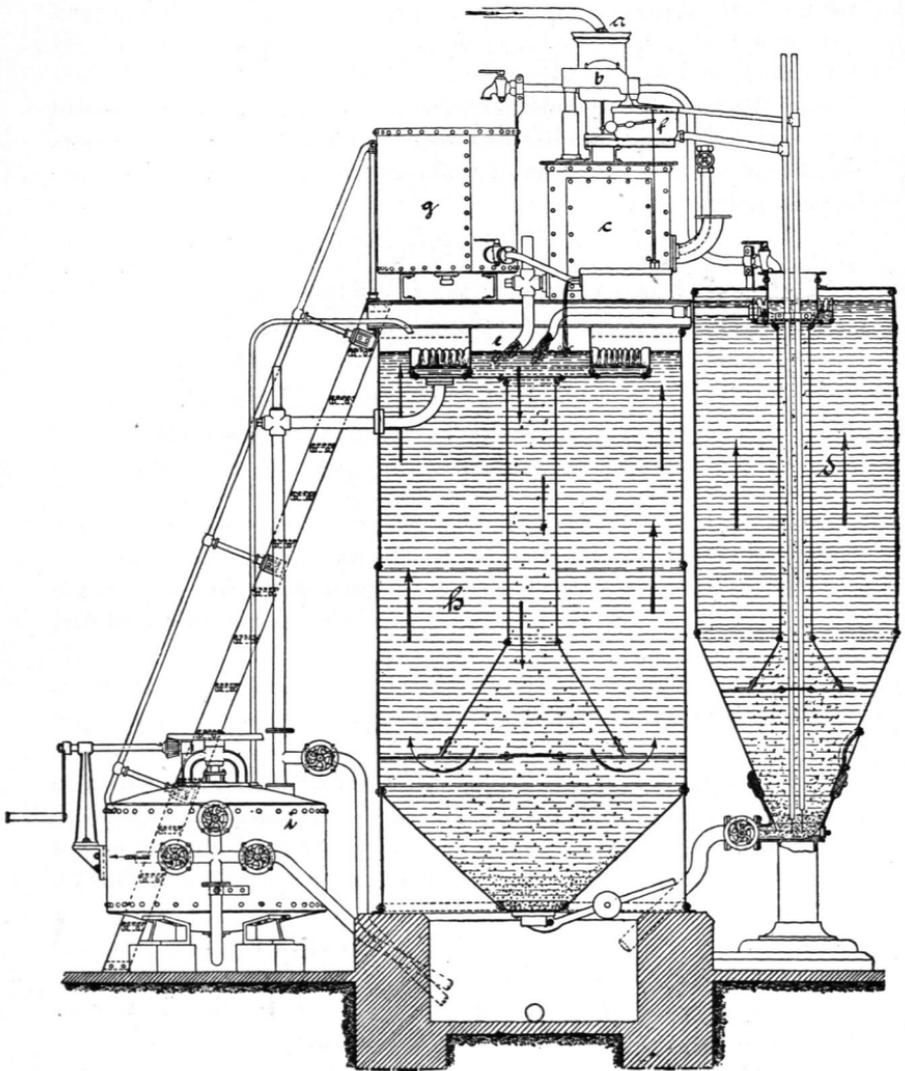


Fig. 38. Apparat zur Reinigung von Kesselspeisewasser Breda II.

Kalksättiger eintritt, wird es nochmals in zwei Anteile zerlegt, von denen nur der eine direkt weiterfließt, während der andere vorher einen

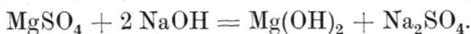
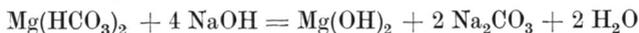
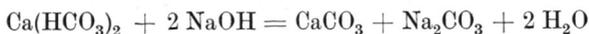
Kippkasten f betätigt, der sich in einer Minute fünfmal füllt und entleert. Der Kippkasten hat eine doppelte Aufgabe. Bei seinem Hube schöpft er aus dem mit dem Sodabehälter verbundenen Dosierkasten einen Becher Sodalösung in den Mischraum und beim Ausgießen reißt er Luft mechanisch in den Kalksättiger mit, wodurch eine innige Mischung des Calciumhydroxydes mit dem Wasser erfolgt; die aufgewirbelte Luft tritt durch das unten trichterartig erweiterte Rohr ins Freie. Die in g hergestellte konzentrierte Sodalösung tritt in den Dosierkasten und wird dort durch ein Schwimmerventil automatisch auf gleicher Höhe erhalten.

Der Zufluß von (erwärmtem) Rohwasser, Kalkwasser und Sodalösung ist durch automatische Einrichtungen so geregelt, daß die Chemikalien stets in genau gleicher und richtiger Menge in den Mischraum h eintreten. Selbstverständlich muß eine chemische Analyse des Wassers ausgeführt werden, um die richtige Einstellung zu ermöglichen.

Das durch die chemischen Umsetzungen trübe gewordene Wasser setzt den größten Teil der Ausscheidungen im Klärbehälter h' ab und geht schließlich noch durch ein Filter i.

Ä t z n a t r o n vermag unter bestimmten Bedingungen alle Kesselsteinbildner zu fällen.

Zunächst wirkt es auf die Karbonate und auf Magnesiumsulfat in folgender Weise ein:



Gips wird durch Natriumhydroxyd nicht direkt gefällt, da die Löslichkeit des Calciumhydroxydes zu groß ist. Da aber bei der Fällung der Karbonate Soda entsteht, so ist bei Wässern mit überwiegender temporärer Härte kein weiterer Sodazusatz für die Fällung des Calciumsulfates nötig. Überwiegt jedoch die permanente Härte, so muß eine entsprechende Sodamenge zugefügt werden.

Auch für die Reinigung mit Ätznatron sind eigene Apparate gebaut worden, wie beispielsweise von der Maschinenfabrik A. L. G. D e h n e in Halle a. S., die sich aber nicht so gut bewährt haben, wie die mit Kalk und Soda arbeitenden.

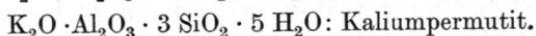
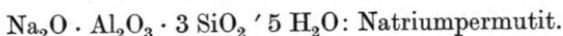
Die praktisch vollkommene Unlöslichkeit des B a r i u m s u l f a t s und die Wichtigkeit, vor allem den Gips abzuscheiden, hat zu dem Vorschlage geführt, das Wasser durch B a r i u m k a r b o n a t zu enthärten. Das Bariumkarbonat ist aber selbst in Wasser unlöslich und muß deshalb in großem Überschusse durch gute Rührvorrichtungen

mit dem Wasser vermengt werden, was seine Verwendung unpraktisch macht. Auch lösliche Bariumsalze haben sich nicht bewährt.

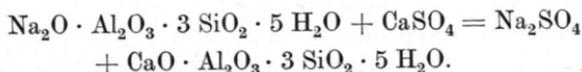
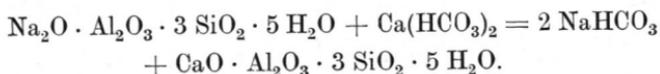
Neben einer großen Zahl anderer Chemikalien als der genannten, die aber durchaus weniger empfehlenswert sind, werden auch viele sogenannte Universal-kesselsteinmittel, Antikesselsteinmittel und Kesselsteinverhütungsmittel in den Handel gebracht, vor deren Gebrauch nur abgeraten werden kann; die Zusammensetzung wird fast immer geheim gehalten und ein Urteil über die Wirksamkeit ist daher nicht ohne weiteres möglich.

Auf ganz anderer Grundlage als die vorhin beschriebenen Verfahren der Kesselspeisewasserreinigung beruht die Permutitreinigung (R. Gans), die mit grobkörnigem Permutit gefüllte Filter benützt.

Permutite sind den natürlichen Zeolithen analog zusammengesetzte chemische Verbindungen, die durch Zusammenschmelzen von 8,2 Teilen Soda mit 2 Teilen Kaolin und 4,5 Teilen Orthoklas hergestellt werden und denen folgende Formeln beigelegt werden können.

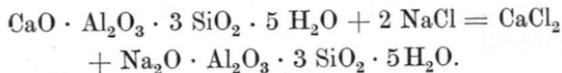


Hierbei ist das Natrium oder Kalium als Aluminat vorhanden, und es kann leicht gegen andere Metalle wie Calcium und Magnesium ausgetauscht werden. Auf diesem Austausch beruht die Verwendung des Permutits zur Wasserreinigung.



Die Abscheidung der Härtebildner ist hierbei schon in der Kälte eine vollkommene zu nennen. Wesentlich ist nur, daß der Permutit genügende Porosität besitzt.

Nach längerem Gebrauche verliert der Permutit seine Wirksamkeit und muß regeneriert werden, was durch Waschen mit warmer Kochsalzlösung ¹⁾ geschieht.



Ein großer Vorteil des Verfahrens liegt in der großen Einfachheit der Anlage, die außer dem Filter nur noch einen Behälter für Kochsalz-

¹⁾ In Ländern mit Salzmonopol wird denaturiertes Kochsalz benützt.

lösung aufweist. Die Filter können offen oder geschlossen sein. Fig. 39 zeigt eine Anlage mit geschlossenem Filter.

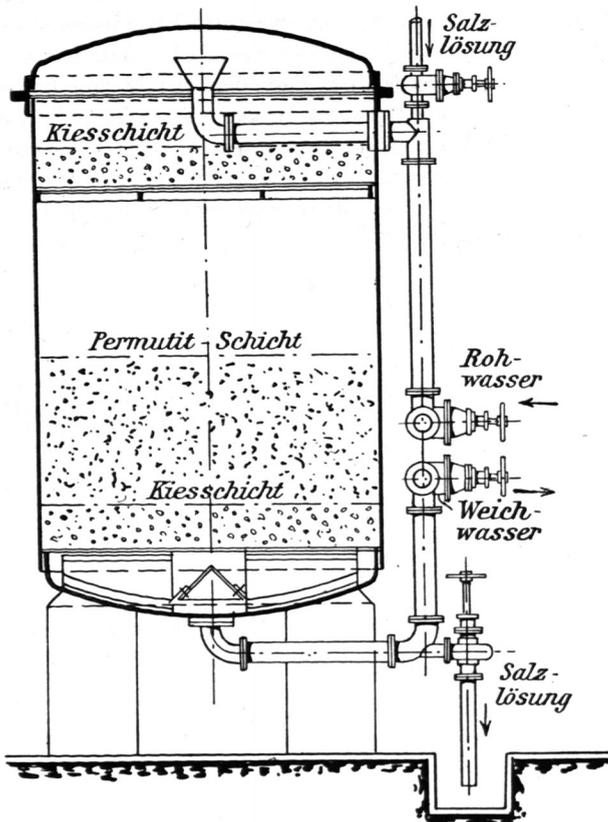


Fig. 39. Permutitfilter zur Enthärtung des Wassers (geschlossene Bauart).

Das Wasser, das mit Permutit gereinigt werden soll, muß unter Umständen einer Vorreinigung unterworfen werden.

Vor allem muß das Wasser frei von suspendierten Teilchen (auch von Öltröpfchen!) sein; genügt es dieser Bedingung nicht, so muß es mechanisch geklärt werden. Wässer, die freie Kohlensäure enthalten, müssen vor dem Eintritte in das Permutitfilter durch Rieseln über Marmor entsäuert werden, da sonst allmählich Zersetzung des Permutits erfolgt.

Für Dampfkesselbetriebe wird ferner empfohlen, Wässer, die höhere

temporäre Härte aufweisen, vor dem Permutitverfahren mit Kalkwasser zu behandeln.

Bei der Permutitreinigung kommt Soda, beziehungsweise Natriumsulfat (Glaubersalz) in das Wasser, was unter Umständen stören kann, auf jeden Fall aber ein Abblasen des Kessels bedingt, bevor die Konzentration zu groß geworden ist. Besonders bei Lokomotivkesseln ist nach diesem Verfahren gereinigtes Wasser unzureichend, da es zum sogenannten „Spucken“ Veranlassung geben kann. Ebenso ist für Brauereizwecke mit Permutit gereinigtes Wasser nicht geeignet. In Wäschereien, Färbereien und Warmwasserversorgungsanlagen hat es sich aber gut bewährt.
